

## GMS 画像の強調表示について

### On enhancement displaying of GMS image

原田 知幸\* Tomoyuki Harada

#### Abstract

The visual enhancement technique in displaying GMS image data using a man-machine interactive computer system at the MSC is developed. There are three enhancement techniques; to enhance the observed brightness temperature with the gray density, to enhance with pseudo-color and to enhance with stereographic presentation. These techniques are introduced to the routine operation for determination of the cloud system center of tropical cyclone as from 1987 typhoon season.

#### 1. はじめに

マン・マシン対話型処理による GMS 画像の強調表示機能を有するプログラムを紹介する。本プログラムは、台風中心位置推定業務の解析作業を容易にする目的で開発された各種の画像表示機能を更に発展させたものである。画像の強調表示には、①観測輝度の強調による画像表示（レベル変換）と、②擬似カラーによる画像表示とがある。観測輝度の強調の目的は、解析対象とする雲域（例えば、台風の中心位置を示唆するスパイラル状に巻き込んだ積雲や積乱雲の雲列、低気圧性の曲率を示すバンド状の雲域など）に対応した特定範囲の観測輝度を強調して、より解析しやすい画像を表示することにある。また、擬似カラーによる表示の目的は、モノクロ表示では識別しにくい雲域の特徴やレベル変換された画像を擬似カラー表示することによって、更に判別しやすくすることにある。例えば、下層雲域と上層雲域とを別々の擬似カラーで表示することにより明瞭に区別することができる。操作面では、マン・マシン対話型処理の導入により、画像強調表示を簡単に行えることが、本プログラムの大きな特徴となっている。

本報告では、これらの画像の強調表示に加え、③立体視表示による強調表示についても実例を示しながら概略を説明する。

#### 2. 画像の強調表示

##### 2. 1 概要

GMS の画像は、赤外画像で256階調（0～255レベル）、可視画像で64階調（0～63レベル）の観測輝度データとして取得され、画像表示装置の LUT (Look Up Table) に設定されている表示輝度で表示される。LUT は256階調の設定が可能であり、赤外画像と可視画像とも256階調の表示輝度で表示することができる。すなわち、LUT は「観測輝度をどのような表示輝度で画像表示するのかを定義したもの」であり、言い換えれば、LUT に設定する表示輝度を変更することで様々な種類の強調表示を行うことができる。

観測輝度を表示輝度に変換する操作は「階調変換」と呼ばれており、この階調変換の内容を定義したものが「階調変換テーブル」である。階調変換テーブルは、観測輝度の強調を行うための「レベル変換テーブル」、擬似カラー表示のための「カラー番号テーブル」およびレベル変換テーブルとカラー番号テーブルとの橋渡しの役割をする「カラー変換テーブル」の合計3種類のテーブルで構成されている。本プログラムでは、これら3種類のテーブルを総称して階調変換テーブルと呼んでいる。これらのテーブルの詳細と各テーブル間の関連については後述する。

Fig. 1 に赤外画像の観測輝度が階調変換テーブルによって表示輝度へと変換される過程を示す。任意の観測輝度  $k$  は、キャリブレーションテーブルを介して

\* 気象衛星センターシステム管理課

一旦等価黒体温度(TBB)  $t_k$  に変換される。図中の階調変換曲線は、観測輝度から表示輝度への変換の対応関係を表したもので、階調変換テーブルに定義された内容で決まる。 $t_k$  は、この階調変換曲線で表示輝度  $d_k$  に変換され、最終的に、この表示輝度  $d_k$  が LUT に設定される。すなわち、観測輝度  $k$  は LUT に設定された表示輝度  $d_k$  で表示される。このようにして、すべての観測輝度が表示輝度に変換され、取得された画像に対して階調変換が施された画像が表示される。

観測輝度は、先ずキャリブレーションテーブルを介して等価黒体温度に変換されるが、この変換の目的は、観測輝度を利用し便利な温度という観測輝度と等価な物理量に変換して階調変換テーブルの作成を容易にすることと、VISSR のセンサの変更に伴う観測輝度のレベル変化や観測毎の観測輝度のレベル変動を等価黒体温度によって規準化することである。

可視画像の場合も同様であるが、可視の観測輝度は、一旦反射強度(以後、アルベド値と言う)に変換され、次に可視用階調変換テーブルによって表示輝度へと変換される。

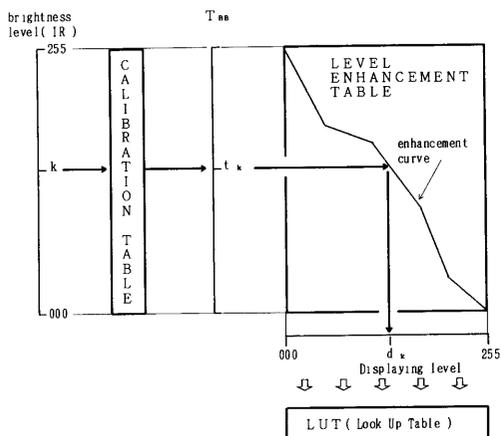


Fig. 1 Schematic flow of converting brightness level into displaying level. VISSR brightness level is first transformed to TBB with calibration table, then TBB is converted into displaying level with level enhancement table.

## 2. 2 階調変換テーブル

### (1) テーブルの構成

Fig. 2 に赤外画像用の階調変換テーブルの構成を示す。2. 1 で述べたように、階調変換テーブルは、レベル変換テーブル、カラー変換テーブルおよびカラー番号テーブルで構成されている。図では、2重線の

枠内が階調変換テーブルに対応している。

レベル変換テーブルは、観測輝度のレベル変換を行うもので、観測輝度は、このテーブルに設定された値に変換される。従って、テーブルの値を変えることで、目的とする観測輝度の強調表示を行うことができる。

カラー番号テーブルは、赤(R)、緑(G)、青(B)の3色の表示輝度を定義したもので、LUTと同じくR、G、Bの3色用の領域を有している。Fig. 1 に示した表示輝度  $d_k$  は、このカラー番号テーブルのR、G、Bの3色の組み合わせで決まる。R、G、Bの値を変えることで、擬似カラー表示による様々な強調表示ができる。R、G、Bのそれぞれの表示輝度がすべて同じ場合は、モノクロの画像表示となる。

カラー変換テーブルは、レベル変換テーブルとカラー番号テーブルとを仲介するために準備されたテーブルである。カラー変換テーブルは固定となっており、数値は変更できない。

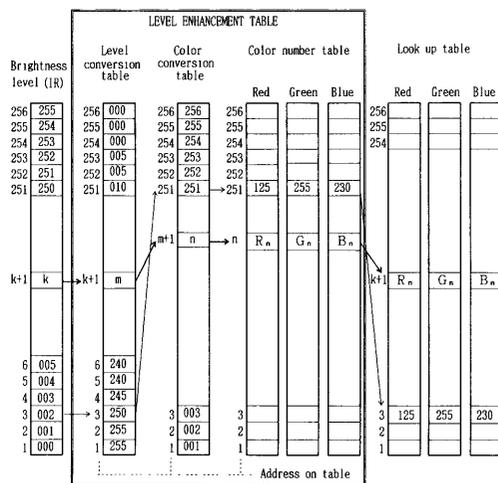


Fig. 2 Conversion flow of level enhancement for infrared image. Brightness level stored on  $(k+1)$ -th address is  $k$ .  $k$  is converted into with level conversion table. Then,  $n$ -th address on color conversion table is obtained from the value on  $(m+1)$ -th address on color conversion table. Finally we get the data of displaying level,  $R_n$ ,  $G_n$ ,  $B_n$ , stored at  $n$ -th address on color number table.

### (2) 階調変換の過程

観測輝度は、レベル変換テーブル→カラー変換テーブル→カラー番号テーブルを経て、最終的に表示輝度へと変換される。

観測輝度は、TBB を仲介としてレベル変換テーブルでレベル変換されるが、観測輝度と TBB は 1 対 1 に対応しており、Fig. 2 には TBB による仲介の変換過程を省略してある。

( $k + 1$ ) 番目の観測輝度は  $k$  であり、この  $k$  が  $m$  に変換されたとすると、カラー変換テーブルの ( $m + 1$ ) 番目の領域 (アドレス) が参照される。これは、 $m$  は 0 ~ 255 レベルであり、一方、カラー変換テーブルのアドレスは 1 ~ 256 番目までであることから、レベル変換後の観測輝度とカラー変換テーブルのアドレスはこのように関係づけられている。

カラー変換テーブルの ( $m + 1$ ) 番目のアドレスに設定されている数値が  $n$  であるとする、カラー番号テーブルの  $n$  番目のアドレスが参照される。本プロ

ラムでは、カラー変換テーブルは固定となっているが、図に示すように、各アドレスとそこに設定されている数値は一致させてある ( $n = m + 1$  に固定)。このために、カラー変換テーブルの数値  $n$  が、カラー番号テーブルの  $n$  番目のアドレスに対応する。

カラー番号テーブルは R, G, B の 3 色のテーブルから構成されており、カラー変換テーブルから参照された  $n$  番目のアドレスに設定されている数値  $R_n, G_n, B_n$  が LUT の ( $k + 1$ ) 番目のアドレスに転送される。このようにして、( $k + 1$ ) 番目の観測輝度  $k$  は、LUT の ( $k + 1$ ) 番目のアドレスに設定された表示輝度  $R_n, G_n, B_n$  の組み合わせで表示される。 $k$  以外の観測輝度についても同様の変換が行われ、LUT に表示輝度が設定される。

Photo. 1 に赤外面像用の階調変換テーブルの例を

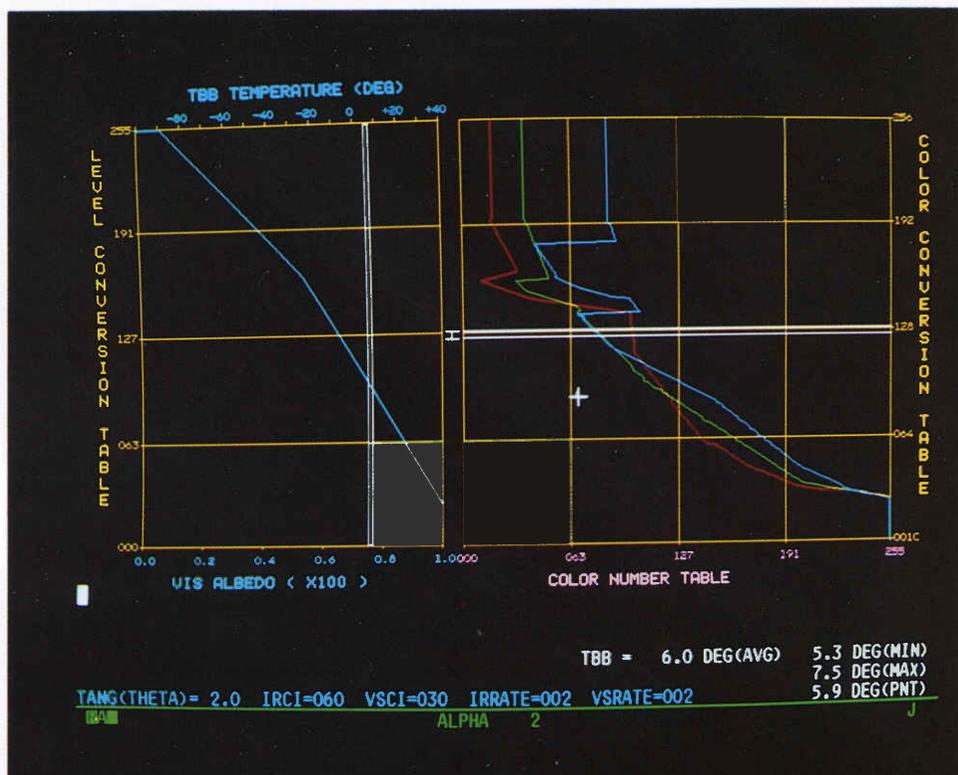


Photo.1 Example of level enhancement for infra- red image. Relation between TBB and level conversion table is shown on the left part of this photograph. Level conversion table is related to color conversion table and color number table as showing on the right part.

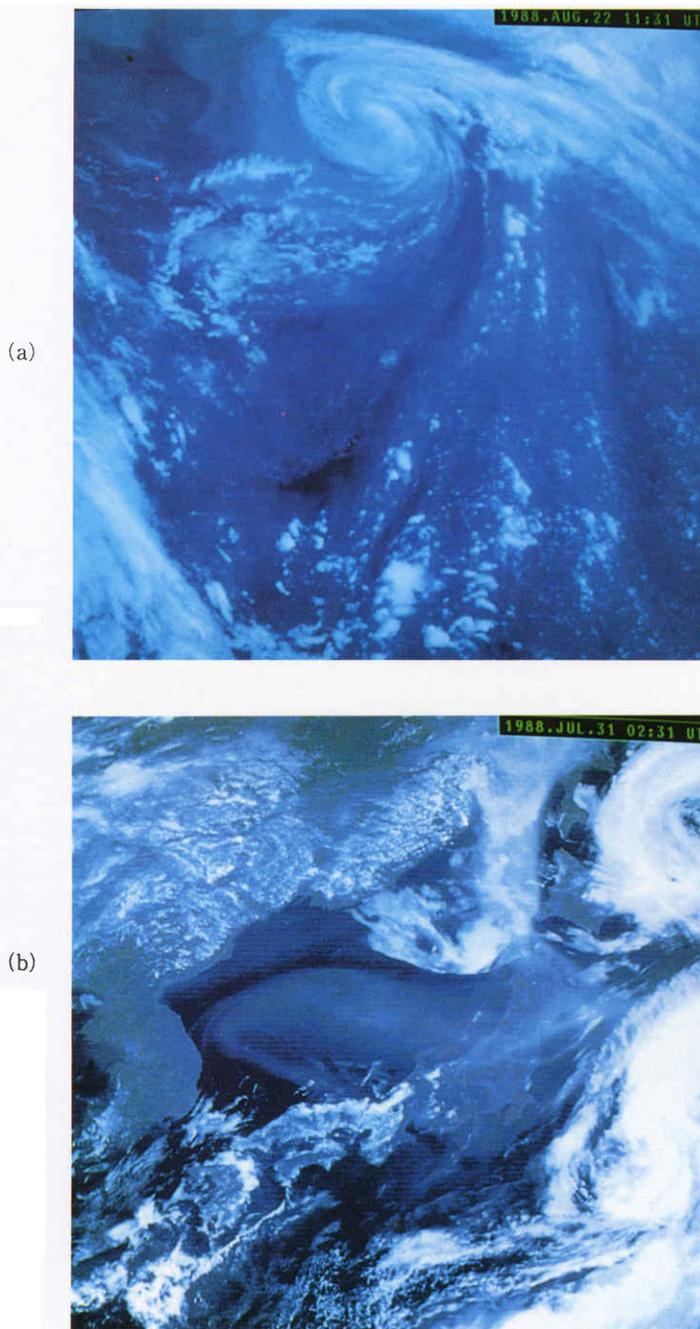


Photo. 2 Examples of enhanced GMS-III image. (a) is a infrared image at 1200UTC 22nd August 1988. Several cloud free belts (dark blue area) are seen at the south of a developed low pressure. (b) is a visible image at 0300UTC 31st July 1988. Smokes from forest fire spread over the sea of Japan and the north of Japan.

(a)



(b)



Photo. 3 Examples of pseudo-colored GMS-III image.  
(a) is visible image at 0600UTC 3rd December 1989 and shows around Tibetan plateau.  
(b) is visible image for 0300UTC 3rd December 1989 and shows the western part of the Continent of Australia

示す。これは、Fig. 2 で示した 3 種類の各テーブル間の関係を視覚的に把握しやすいように変換曲線の形式で表現したもので、グラフィックディスプレイに表示されたものである。図の左半分には、TBB(観測輝度と等価)とレベル変換テーブルの関係を示す変換曲線、右半分には、レベル変換された観測輝度とカラー変換テーブルおよびカラー番号テーブルとの関係を表す R, G, B に対応する 3 本の変換曲線が示されている。

カラー変換テーブルは赤外画像、可視画像とも固定であるが、これに対してレベル変換テーブルとカラー番号テーブルは任意の作成、変更が可能である。但し、モノクロ画像の場合は、カラー番号テーブルについても固定にしてあり、数値を変更することはできない。これは、レベル変換された観測輝度が正確に表示輝度と同じになるようにするためである。すなわち、観測輝度  $k$  が  $m$  にレベル変換されたとき、 $n = m + 1$ ,  $R_n = G_n = B_n = m$  となるようにカラー番号テーブルに数値が設定してある。

### (3) レベル変換テーブルの更新

レベル変換テーブルの更新は、Photo. 1 の左半分に示される変換曲線を変更することで行うことができる。変換曲線の変更は、グラフィックディスプレイで 4 点をカーソルで指定することにより行い、この指定された点を結んだ折れ線が変換曲線となる。

レベル変換の結果は、画像表示装置に表示されている画像に直ちに反映されるので、画像を確認しながら効率的に処理を進めていくことができる。操作を反復することにより、画像の強調表示に最適なレベル変換テーブルが作成できる。

レベル変換曲線の変更の補助作業として、強調表示したい部分の TBB を算出する。表示された画像上で強調表示したい部分を指定すると、指定点周辺画素(32×32)の TBB の最大値、最小値、および平均値が表示されるので、周辺を複数回指定することにより、この部分のおおよその TBB の範囲を知ることができる。この TBB の温度範囲をどの程度の表示輝度で表示するかを決めて変換曲線を作成する。

可視画像の場合は、アルベド値を基準にして、赤外画像の場合と同様の操作でレベル変換テーブルを作成することができる。

強調表示の例を Photo. 2 の(a), (b), に示す。(a), は赤外画像の例で、発達した低気圧に巻き込む帯状の晴天域が黒く強調表示されている。(b)は可視画像の例で、大陸で発生した山林火災からの煙が、日

本海南部から関東地方にまで拡散した状況が強調表示されている。

### (4) カラー番号テーブルの更新

特定の TBB あるいはアルベド値を境にして全く異なる擬似カラーで表示することで、画像解析が更に容易となる。表示色は、R, G, B の各表示輝度の組み合わせで決まるので、表示色の変更は、Photo. 1 の右半分に示される R, G, B に対応した 3 本の変換曲線を変更することで行うことができる。変換曲線が変更されると、カラー番号テーブルに R, G, B の変更後の表示輝度が設定され、擬似カラーを更新することができる。

3 本の曲線を変更するには、先ず表示されている画像上で色づけをする部分を指定すると、指定した部分の R, G, B それぞれの現在の表示輝度が画面上に表示されるので、それらの表示輝度を修正して目的とする色づけを行う。色づけした結果は、写真の右半分の 3 本の曲線が部分的に変更されて表示されるので、次に R, G, B のそれぞれの変更された部分を含む 2 点を画面上で指定して平滑化する。このようにして決めた各部分の色づけの結果を全体として整理していくと、写真に示すような R, G, B に対応する曲線が得られる。色づけの結果は直ちに表示画像に反映されるので、操作を繰り返しながら最良の擬似カラーによる強調表示を得ることができる。

レベル変換による画像強調が既に施されている画像に対して、色づけの操作を行って作成したヒマラヤ付近の擬似カラー画像を Photo. 3 の(a)に、オーストラリア西海岸の擬似カラー画像を Photo. 3 の(b)に示す。

## 3. 立体視表示

### 3.1 概要

前述の方法で強調表示された画像を、更に 3 次元の立体像として表示することにより、寒冷前線の雲バンド、台風の中心付近の厚い雲域などの鉛直方向の特徴を視覚的に把握することができる。このために、GMS の赤外画像の温度情報からの雲の高さを推定して立体視表示を行う。

雲域を水平面に対して斜め上方から見た場合の立体的な画像表示をするには、雲域の雲頂高度がわかっているなければならない。しかし、個々の画素の TBB から正確な雲頂高度を算出することは困難であること、および雲頂高度の相対的な高度差が表現できれば十分で

あるということの2つの理由から、本プログラムでは、雲頂高度が高い（TBBが低い）ほど赤外画像の観測輝度が小さいという関係を使って、単純に

$$\text{雲頂高度}(H_i) = 255 - \text{観測輝度}(L_i)$$

(添字は、画素番号を表す)

を仮定した。すなわち、観測輝度を雲頂高度とみなして処理を簡略化した。また、地球表面をすべて平面とみなし、球面の効果は考慮していない。

### 3. 2 立体視化の方法

#### (1) 赤外画像

Fig. 3に赤外画像の各画素の観測輝度から立体視化する原理を示す。南北方向に並ぶ画素 $P_1 \sim P_8$ の観測輝度が、それぞれ $L_1 \sim L_8$ であるとき、画素 $P_1 \sim P_8$ の雲頂高度がそれぞれ $H_1 \sim H_8$ であるとする。この時、水平面と角度 $\theta$ で南方向から雲域を俯瞰しているとすると、先ず画素 $P_1$ によって画素 $P_3$ の観測輝度 $L_3$ は $L_1$ に変換され、同時に画素 $P_2$ の観測輝度 $L_2$ も $L_1$ となる。次に画素 $P_2$ によって、画素 $P_8$ の観測輝度 $L_8$ は $L_2$ に変換される。ここで、 $\theta$ は、 $\theta = \arctan(N)$ の関係式から、実数 $N$ をキーボード入力することにより任意の値を設定できる。標準値として、 $N=2.0$ が設定してある。

このようにして、以降 $P_3, P_4, P_5 \dots$ による観測輝度の変換が行われるが、画素 $P_2$ の雲頂高度が高いので、画素 $P_3 \sim P_8$ はすべて画素 $P_2$ の影に隠れて見えなくなり、画素 $P_6, P_7$ も雲頂付近しか見えない。従って、画素 $P_4 \sim P_7$ の観測輝度はすべて $L_2$ となる。実際には、変換後の画素 $P_3$ の観測輝度 $L_1$ と画素 $P_4$ の観測輝度 $L_2$ とのレベル差の極端な不連続性を避けるために、画素 $P_4 \sim P_7$ には、 $L_2$ から $L_1$ まで段階的に減少させたレベルが自動的に設定されるようにしてある。このようにして、全画素について変換を施すと立体視表示の画像が得られる。

#### (2) 可視画像

可視画像を立体視表示する場合も赤外画像の場合と同様であるが、雲頂高度は赤外画像から求め、立体視化のレベル変換は可視画像の観測輝度をそのまま使用している。このため、雲域によっては、雲頂高度が高くなっても可視画像の観測輝度が必ずしも高くなるとは限らないので、やや不自然な画像表示になる場合もある。

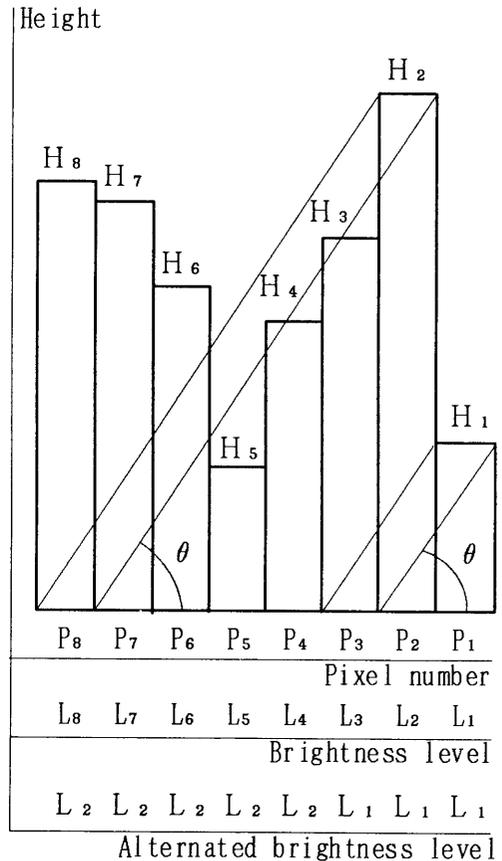


Fig. 3 Illustration showing the method of three-dimensional display for infrared image. When a pixel  $P_i$  ( $i=1, 2, 3 \dots$ ) has a VISSR brightness level  $L_i$  ( $i=1, 2, 3 \dots$ ),  $L_i$  is regarded as a height of pixel  $P_i$ . Predetermined sight line is assumed to meet a horizontal line at a  $\theta$  angle as in Fig. 3. In this case the VISSR brightness level  $L_3$  of pixel  $P_3$  is alternated into level  $L_1$  and all of levels from  $L_4$  to  $L_8$  is alternated into level  $L_2$ .

#### (3) 赤外画像と可視画像の併用

赤外画像と可視画像の2種類の画像を併用した赤外画像の立体視表示の場合には、巻雲の扱いを工夫した。Fig. 4に雲頂高度が等しく、且つ雲域の位置関係が類似している場合の模式図を示す。(a)は積乱雲などの厚い雲域が存在する場合、(b)は対応する位置に巻雲が存在する場合である。雲頂高度だけからは(a)と

(b)に区別はなく、赤外画像のみの処理では両方とも(a)のような立体視化の処理になってしまう。可視画像を併用することで巻雲のみであることがわかれば、雲域の厚さが考慮されるので、(b)に示すように(a)とは異なった立体視表示になる。すなわち、鉛直方向に積乱雲のような雲域の厚い壁に相当する部分がないために、 $L_1$ と $L_2$ の間に海面が見えるというような処理になっている。巻雲域の設定は、マン・マシン処理により巻雲域と判別される雲域を表示画面上で指定すると、指定点周辺画素(32×32)の観測輝度の最大値、最小値、および平均値が表示されるので、赤外画像では最小の観測輝度、可視画像では最大の観測輝度をキーボード入力することによって行われる。通常は経験的に得られた値が標準値として設定されている。

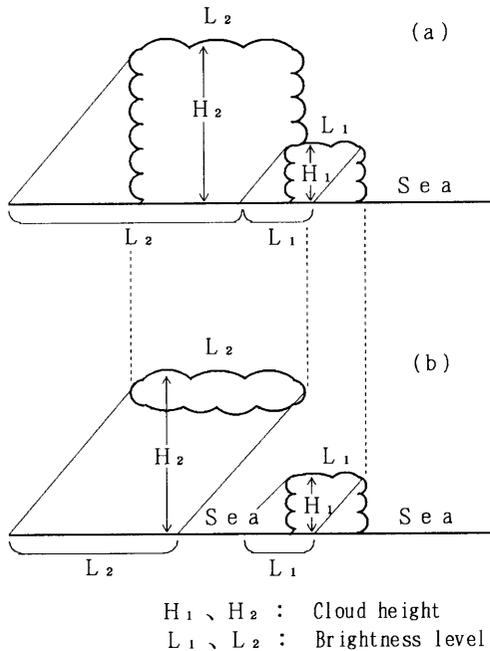


Fig. 4 Illustration showing a difference in the technique of three-dimensional display between infrared image visible image. (a) shows a technique only for infrared image, while (b) shows both for infrared image and visible image. Using visible image in (b), it is capable to discriminate between thick cloud with high cloud top and high and thick cloud.

Photo. 4に台風の画像、Photo. 5に前線を伴う発達した低気圧の画像を示す。それぞれ(a)は擬似カラーで強調表示したオリジナル画像、(b)は立体視画像を示している。

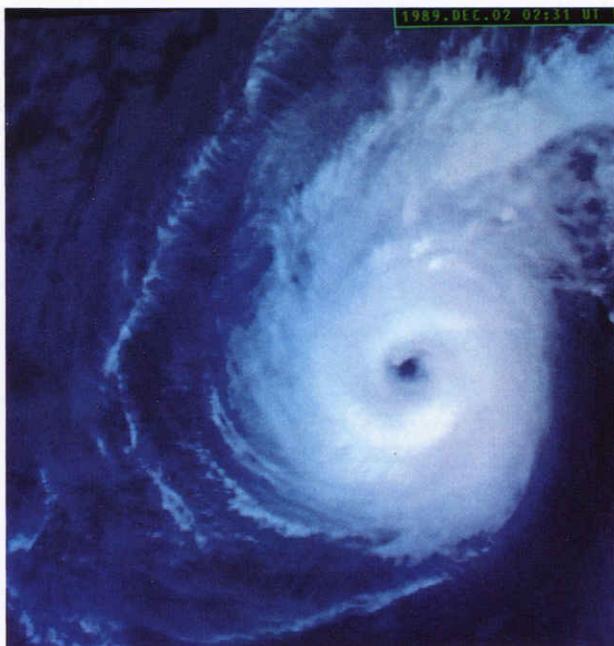
#### 4. おわりに

本プログラムで作成された階調変換テーブルは、1987年の台風シーズンからルーチン業務で使用されており、気象衛星センター電子計算機の更新以前(1987年3月以前)の階調変換テーブルと比較して、夜間などでも雲パターンの詳細が解析しやすいものとなっている。台風の発達段階、台風の位置(低緯度、中緯度等)、台風の発生季節などの違いに対応できるように様々な階調変換テーブル(モノクロ表示用、擬似カラー表示用)が準備されているが、今後更に事例を積み重ねていくことで、より解析しやすい階調変換テーブルに改良していく必要がある。

#### 5. 謝辞

適切な助言に対し、麻生正・解析課先任主任技術専門官、木場博之・システム管理課調査官に、また、原稿の清書と図の作成に対し、矢田智子さんに感謝の意を表す。

(a)



(b)



Photo. 4 Examples of stereographic projected image for a typhoon with eye. (a) is a colored original infrared image for 0300UTC 2nd December 1989. (b) is the same as (a) except for stereographic projected image.

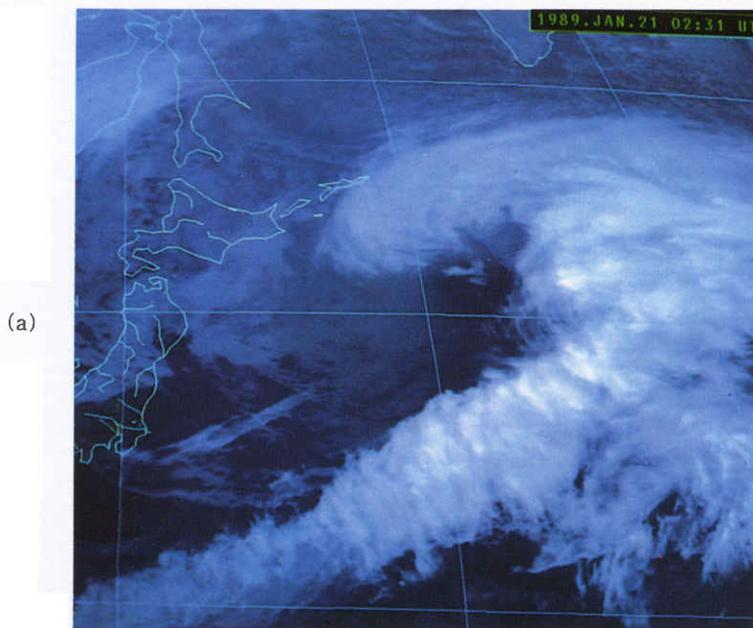


Photo. 5 Examples of stereographic projected image for a developed extratropical cyclone. (a) is a colored original infrared image for 0300UTC 21st January 1989. (b) is the same as (a) except for stereographic projected image.